

电针联合游泳训练对脊髓全横断大鼠脊髓神经营养因子-3及血清谷丙转氨酶、谷草转氨酶的影响*

杨燕兴¹ 李灵玲¹ 刘鹏民¹ 王 良¹ 周达岸^{1,2}

摘要

目的:探讨电针联合游泳训练对脊髓全横断大鼠脊髓神经营养因子-3(NT-3)及血清谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)的影响。

方法:雌性成年SD大鼠180只,随机分为6个组(正常组,假手术组,损伤组,游泳组,电针组,联合组),每组30只。制作脊髓T10全横断损伤模型。术后第5天开始电针及游泳训练(电针每天30min,电流1mA,频率为2/100Hz,波型为疏密波。游泳第1周游一组,以后每周加一组,一组时间为4min。每周治疗7次)。对照组不进行治疗。术后7d、14d、21d、28d、35d进行运动功能评估(BBB评分),治疗结束时取材。用免疫组化及生化来检测相关因子的表达。

结果:①各治疗组的运动功能评分较损伤组均有提高(除第1周($P>0.05$)),并随时间的延长效果更为明显;在各干预组中,联合组运动功能的恢复最为突出($P<0.01$)。②治疗组大鼠脊髓损伤区NT-3表达较损伤组均有提高($P<0.05$),并随时间的延长而提高,治疗组之间联合组NT-3的表达更为突出($P<0.01$)。③各治疗组中血清ALT、AST的表达水平较损伤组均有下降($P<0.05$),联合组下降最为明显($P<0.01$)。

结论:游泳训练及电针能够促进脊髓损伤后运动功能的恢复,将两者联合应用效果更为明显。

关键词 督脉电针;游泳训练;脊髓全横断;神经营养因子-3;丙转氨酶;谷草转氨酶

中图分类号:R744, R245 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2016)-06-0641-06

The effect of combining electroacupuncture and swimming training on NT-3, ALT and AST of rat after spinal cord transection/YANG Yanxing, LI Lingling, LIU Pengmin, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2016, 31(6): 641—646

Abstract

Objective: To study the effect of combining electroacupuncture and swimming training on NT-3 and ALT and AST of rat after spinal cord transection

Method: 180 adult female SD rats were randomly divided into the normal group(30), sham-operated group (30), injured group(30), swimming group(30), electroacupuncture group(30), and combination group (30). T10 spinal cord transection performed on last 4 groups. Post operation day 5 began the electric acupuncture courtes periodes current, 30 minutes per day) and swimming training(the first week only 4 minutes a session, 7 times a week, one session more per week later until 5 sessions per day) for the last 3 groups. The other 2 groups accepted no treatment.

Result: ①The movement function of treated groups was better than untreated injured group($P>0.05$), the longer the treatment the better the improvement. The movement function index of the combination group in-

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2016.06.006

*基金项目:辽宁医学院校长基金——奥鸿博泽研究生科研创新基金(AH2014016)

1 辽宁医学院附属第三医院,锦州,121000; 2 通讯作者

作者简介:杨燕兴,女,硕士研究生; 收稿日期:2015-11-17

creased more than electroacupuncture or swimming training separately. ($P < 0.01$). ② The expression of NT-3 of the treated groups increased more than the injured group ($P > 0.05$), and the combination group was better than the other two treated groups ($P < 0.01$). ③ Compared with the injured group, the expression of serum ALT and AST levels decreased in treated groups ($P > 0.05$), and the combination group fell the most among the 3 treated groups ($P < 0.01$).

Conclusion: Swimming training and electroacupuncture can promote the recovery of movement function after spinal cord transection, and the effect is more apparent if combine the two.

Author's address The Third Affiliated Hospital of Liaoning Medical College, Jinzhou,

Key word governor vessel electro-acupuncture; swimming training; spinal cord transection; neurotrophin-3; glutamic pyruvic transaminase; glutamic oxaloacetic transaminase

脊髓损伤是一种致残率极高的中枢神经系统疾病。在当今社会脊髓损伤患病率呈逐年增高的趋势。随着社会需求的不断增加,脊髓损伤后的康复治疗已成为当今热门的研究内容。近年来在脊髓损伤领域的研究中电针占有重要地位。大量研究表明,电针能够促进脊髓损伤后神经传导通路及运动功能恢复,并能抑制脊髓损伤后神经元凋亡、炎症浸润、星形胶质细胞增生,还能够促进神经干细胞向神经元及少突胶质细胞分化^[1-2]。游泳训练是康复运动训练的重要治疗措施之一,有实验表明,游泳中皮肤的反馈对水中和地面上的运动能力都有加强作用^[3]。神经营养因子-3(neurotrophin-3, NT-3)是主要神经营养因子家族中重要成员之一,对脊髓损伤后的恢复起着重要作用:维持神经元存活、促使轴突再生及延伸、提高神经细胞轴突再生的内在再生能力、促进神经传导系统及运动功能的恢复^[4]。兴奋性氨基酸对脊髓损伤及其损伤程度具有一定的临床指导意义,叶晓健、朱燕玲等研究表明脊髓损伤后血清中AST、ALT不仅可作为肝功能及心功能的特异性指标,也可以作为脊髓损伤后脊髓损伤程度及其恢复状况的参考指标^[5-6]。本实验主要观察在干预因素的影响下大鼠脊髓全横断后功能恢复及相关指标的变化,及联合治疗的疗效是否优于其他单独治疗,从而为临床上脊髓损伤后的治疗提供指导。

1 材料与方法

1.1 实验动物

雌性,清洁级,成年SD大鼠180只,体重(180 ± 20)g。由辽宁医学院实验动物中心提供。分笼饲养,环境温度(23 ± 2)℃。随机分为6组:正常组、假

手术组、损伤组、游泳组、电针组和联合组。每组30只大鼠,造模后随机分入7周、14周、21周、28周、35周5个小组,每小组6只。

1.2 动物模型制作

实验动物经7%水合氯醛(0.3ml/100g)腹腔注射麻醉,背部手术部位备皮,常规消毒,以T10胸椎棘突为中心纵行切开皮肤约3cm。分离两侧椎旁肌及咬除棘突及椎板上的软组织,用咬骨钳咬除T10棘突和椎板及部分邻近椎板,充分暴露T10脊髓。剪开硬脊膜及软脊膜,用神经拉钩勾住脊髓,尖锐手术刀沿神经拉钩一侧快速划过切断脊髓,将神经拉钩从两断端之间拉出,确保脊髓全横断。造模中避免脊髓主要血管损害,以确保下段脊髓的血供。造模成功大鼠双后肢软瘫,肌张力消失,损伤平面以下各种反射消失^[7]。压迫止血后分层缝合,术毕。假手术组仅行椎板切除术,未横切脊髓,不进行治疗。所有大鼠术后均给予青霉素(8万)及2ml葡萄糖腹腔注射,予以抗感染及营养支持,每日1次,为期1周。术后给予人工辅助排尿,每日早晚1次,直至恢复自主排尿。定期更换垫料确保鼠笼干燥,并每天对鼠房进行通风1h。

1.3 游泳训练

游泳组和联合组在术后第5天开始游泳训练。游泳设备及训练方案以Smith^[8]的实验为基础。损伤前1周进行适应性训练,连续7天,每天10min。术后第5—7天每天游泳一组,术后第2周每天游泳两组,术后第三周每天游泳三组,依次类推,每组游泳时间为4min,两组之间休息5min。水温恒定保持在(30 ± 2)℃。游泳过程中避免大鼠尾巴接触池底,防止代偿作用影响训练结果。游泳训练结束后把大

鼠放入烤灯,迅速用干毛巾擦拭大鼠身上的毛,吹风机吹干。防止大鼠呼吸道感染。

1.4 电针治疗

电针组及联合组在术后第5天开始督脉电针治疗。依据郭义主编的《实验针灸学》。取背部督脉上的“大椎(第七颈椎棘突之下)、命门(第二腰椎棘突之下)”两个穴位。具体扎法如下:将大鼠固定,用“汉医牌”一次性毫针进行施针,规格为0.30mm×13mm。毫针在固定穴位上先透皮,然后沿棘突间隙向内扎入5mm。频率2/100Hz(疏密波),电流1mA^[9],强度以大鼠肢体颤动但不挣扎反抗为宜。时间为每次30min,每天1次,一周7次。

1.5 大鼠后肢行为学检测

在术后7d、14d、21d、28d、35d分别对大鼠进行运动功能评分,此次试验采用BBB(Basso, Beattie and Bresnahan)运动功能评分法对大鼠后肢功能恢复情况进行评估。BBB评分分数最高21分,最低0分,分数越高说明大鼠后肢功能恢复越好。由固定的4名人员采用盲法进行评估,最终取4人的平均值。

1.6 取材及检测方法

1.6.1 治疗结束后取材,先进行BBB评分,然后用7%的水合氯醛腹腔注射麻醉。剃毛及常规消毒。

血清取材:仰卧固定于手术台上,纵行依次剪开腹部皮肤、皮下组织及腹膜,暴露出腹主动脉,分离腹主动脉周围的组织,然后用无齿镊夹住暴露的腹主动脉上下两端约2cm,用一次性5ml注射器插入血管,松开无齿镊,缓慢抽取4ml动脉血,注入促凝生化管,轻摇5—6次,室温静置30min后放入离心机离心,转速为4500r/min,离心20min。离心后放入全自动生化分析仪进行ALT和AST测定。记录测试结果。

脊髓取材:采取心脏灌注,从左心室将针管插至升主动脉,固定针管,剪开右心耳,快速灌注生理盐水200ml;再以先快后慢的速度灌注4%多聚甲醛200ml;取出损伤脊髓横断上下处约2cm,置入4%多聚甲醛固定(固定3天,每天换一次4%多聚甲醛)。取材3天后,进行石蜡包埋。

1.6.2 免疫组化:将石蜡包埋的组织进行切片(约5μm),用二甲苯常规脱蜡,将切片放入3% H₂O₂室

温孵育15min,以消除内源性过氧化物酶的活性,然后用双蒸水漂洗3次,每次5min;再将切片放入盛有修复液(PH6.0/9.0)的高压锅中,加热,待高压锅喷气后计时2min,取出切片待其冷却到室温后,用PBS洗3次,每次5min,滴加5%封闭血清,室温孵育10min。甩去血清,不洗,用NT-3抗体(1:50)孵育切片,置入4℃过夜。次日切片复温后用PBS冲洗3次,每次5min;将切片滴加适当比例稀释的羊抗兔二抗工作液,37℃孵育30min,PBS冲洗3次,每次5min,滴加SABC复合物,37℃孵育30min,PBS冲洗3次,每次5min;DAB显色,镜下观察显色反应,待充分反应后,双蒸水终止反应。苏木素复染,脱水,透明,中性树脂封片。阳性表达呈淡黄色、棕褐色。在光镜下(200倍)观察脊髓切片阳性细胞数。随机非连续性在脊髓损伤段、损伤上段、损伤下段选取切片3张,每张片阳性细胞计数为该切片在光镜下阳性细胞最多的4个视野的均值,再将3张切片阳性细胞计数的均值作为该大鼠的阳性细胞数。

1.7 统计学分析

本文数据均以均数±标准差表示。采用SPSS 17.0统计软件对数据进行统计学分析,采用单因素方差分析法进行分析。

2 结果

2.1 后肢运动功能检测结果

正常组及假手术组在实验过程中BBB评分无变化,均21分。术后第1周,各组之间BBB评分无明显差异($P>0.05$)。术后第2周开始,BBB评分差异明显($P<0.01$)。电针组、游泳组、联合组评分较损伤组明显增高,联合组增高最为明显($P<0.01$)。每个治疗组随时间的增加BBB评分也增高。见表1。

2.2 NT-3阳性细胞数结果

损伤组与游泳组、电针组相比,阳性细胞个数明显低于其他二组;联合组与电针组、游泳组比较,联合组阳性细胞个数明显高于电针组及游泳组;游泳组与电针组两组之间比较,电针组阳性细胞个数高于游泳组,即联合组>电针组>游泳组>损伤组。同样,在每个治疗组中可以得出:随着时间的延长,阳性细胞个数随之增高,即:5周>4周>3周>2周

>1周。见图1、表2。

2.3 生化检测结果

在同一时间点上比较,ALT、AST值损伤组最高,联合组最低,电针组较游泳组低,联合组较电针

组低,即:联合组<电针组<游泳组<损伤组($P<0.01$)。每个治疗组随时间的延长ALT、AST值均降低,即:5周<4周<3周<2周<1周($P<0.01$)。见表3—4。

表1 各组大鼠后肢不同时间点BBB评分结果

($\bar{x}\pm s$, $n=6$)

组别	1周	2周	3周	4周	5周
正常组	21.00±0.00	21.00±0.00	21.00±0.00	21.00±0.00	21.00±0.00
假手术组	21.00±0.00	21.00±0.00	21.00±0.00	21.00±0.00	21.00±0.00
损伤组	2.94±1.62	7.33±2.60	10.10±1.40	11.90±1.75	12.37±0.89
游泳组	2.97±1.40	10.23±2.30 ^①	11.66±2.30 ^①	12.06±2.00 ^①	13.18±2.30 ^①
电针组	3.00±1.40	10.89±1.76 ^{①②}	12.28±2.22 ^{①②}	12.98±2.21 ^{①②}	13.87±1.98 ^{①②}
联合组	3.02±1.26	11.98±2.56 ^{①②③}	13.16±2.25 ^{①②③}	13.88±2.03 ^{①②③}	14.57±2.00 ^{①②③}

与损伤组比较:① $P<0.01$;与游泳组比较:② $P<0.01$;与电针组比较:③ $P<0.01$

表2 各组脊髓组织中NT-3阳性细胞个数比较

($\bar{x}\pm s$, $n=6$)

组别	1周	2周	3周	4周	5周
正常组	7.20±0.82	6.60±0.60	5.80±1.00	6.00±1.00	5.40±0.70
假手术组	5.80±0.84	5.60±0.79	6.20±0.90	5.80±1.22	7.80±0.84
损伤组	10.80±0.84	13.80±0.84	17.80±0.84	20.80±1.30	23.80±0.84
游泳组	12.20±0.83 ^①	16.60±1.52 ^①	19.80±0.84 ^①	24.00±1.00 ^①	28.00±1.22 ^①
电针组	14.20±0.84 ^{①②}	19.80±1.30 ^{①②}	24.00±1.00 ^{①②}	28.00±1.58 ^{①②}	32.40±0.07 ^{①②}
联合组	15.40±0.89 ^{①②④}	21.60±1.14 ^{①②④}	28.40±1.14 ^{①②③}	32.60±1.67 ^{①②③}	37.80±3.11 ^{①②③}

与损伤组比较:① $P<0.01$;与游泳组比较:② $P<0.01$;与电针组比较:③ $P<0.01$;④ $P<0.05$

表3 各组大鼠不同时间点AST值结果

($\bar{x}\pm s$, $n=6$)

组别	1周	2周	3周	4周	5周
正常组	36.20±2.00	36.40±3.43	36.20±2.00	31.20±1.26	30.90±3.25
假手术组	32.10±1.78	35.00±3.28	35.40±3.00	36.50±3.89	33.76±2.50
损伤组	188.40±2.88	142.40±3.85	125.80±3.30	95.80±1.92	79.40±3.51
游泳组	182.00±2.92 ^①	131.40±3.36 ^①	118.20±2.39 ^①	88.60±2.07 ^①	71.80±2.78 ^①
电针组	173.60±3.58 ^{①②}	124.40±3.85 ^{①④}	108.60±3.58 ^{①②}	79.80±3.70 ^{①②}	59.40±2.88 ^{①②}
联合组	165.00±4.70 ^{①②③}	109.80±4.15 ^{①②③}	92.40±3.21 ^{①②③}	70.80±5.17 ^{①②③}	50.00±4.64 ^{①②③}

与损伤组比较:① $P<0.01$;与游泳组比较:② $P<0.01$;与电针组比较:③ $P<0.01$;与游泳组比较:④ $P<0.05$

表4 各组大鼠不同时间点ALT值结果

($\bar{x}\pm s$, $n=6$)

组别	1周	2周	3周	4周	5周
正常组	35.90±1.00	35.80±1.00	34.90±0.87	35.60±1.14	35.50±0.89
假手术组	35.00±1.12	35.80±0.67	36.20±0.79	35.20±1.00	36.00±1.28
损伤组	95.40±3.65	85.40±4.10	76.80±2.39	69.80±2.05	62.20±1.30
游泳组	88.40±1.14 ^①	75.00±2.74 ^①	70.40±2.61 ^①	64.20±1.79 ^①	54.60±3.98 ^①
电针组	83.80±1.48 ^{①②}	70.40±1.81 ^{①④}	61.80±2.78 ^{①②}	55.00±1.59 ^{①②}	48.20±2.87 ^{①②}
联合组	78.40±2.70 ^{①②③}	64.40±2.07 ^{①②③}	54.20±1.93 ^{①②③}	47.60±2.61 ^{①②③}	38.60±3.36 ^{①②③}

与损伤组比较:① $P<0.01$;与游泳组比较:② $P<0.01$;与电针组比较:③ $P<0.01$;与游泳组比较:④ $P<0.05$

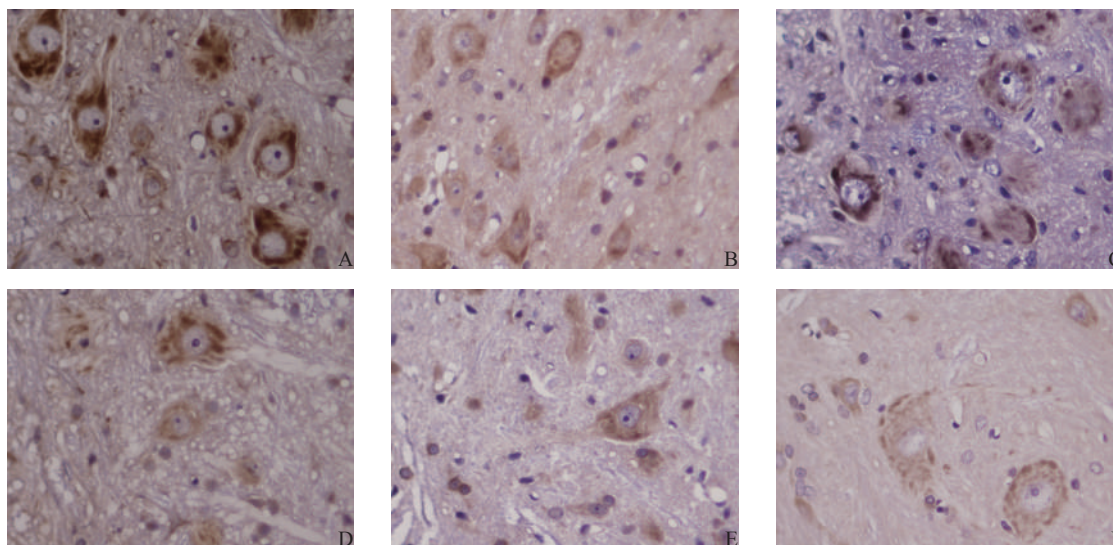
3 讨论

中枢神经能够再生理论被提出之后,研究者对脊髓损伤的治疗思路也有所改变,不仅要未受损的神经元进行保护,还力求促进神经元的再生。众所周知,中枢神经系统极为复杂,一旦受损后其恢复机制也是如此。脊髓损伤后会导致大量神经元丢

失,轴突变性及相关功能缺失,其中很重要的原因是脊髓损伤后损伤部位微环境的改变,使神经元的恢复及再生受到严重阻碍。然而,随着科技的发展及脊髓损伤研究的不断深入,人们发现在外界条件的干预下,脊髓损伤部位的微环境能够得到改善,为神经元的修复、再生及脊髓损伤后功能的恢复提供有

图1 术后35d免疫组化技术检测全横断大鼠脊髓标本NT-3的表达

(×400)



A:联合组;B:电针组;C: 游泳组;D:损伤组;E:假手术组;F:正常组

利的环境。

运动训练是康复治疗中非常重要的一种治疗手段,近几十年在临床普遍运用。有研究表明运动训练能够促进脊髓损伤部位的神经元发芽,并形成新的突触,对神经通路的再通提供有利条件,促进脊髓损伤大鼠运动功能恢复^[10-11]。另外,大量研究表明运动训练能够促进神经营养因子的表达,改善脊髓损伤部位的微环境,对脊髓损伤后的神经元恢复、再生,轴突生长、延长以及对神经的再塑有着重要贡献^[12]。本实验结果显示游泳训练组经过治疗后脊髓组织内NT-3的表达较损伤组明显增高。这表明游泳训练能够促进损伤脊髓组织内NT-3的表达。另外,游泳训练组中AST、ALT值较损伤组下降明显。这表明游泳训练能够降低兴奋性氨基酸的表达。由此可见,游泳训练能够促进脊髓损伤后NT-3的表达及降低血清中兴奋性氨基酸的活性。

电针在传统医学中是重要的治疗手段之一。在中医里督脉循行的路径跟脊髓基本吻合,而且督脉上部分穴位具有补髓益脑的作用,故脊髓损伤后的针刺治疗取穴主要选督脉上的穴位。《古法新解会元针灸学》所称“大椎者……又名百劳者,其神不于脑,诸阳所会结,实能补脑强神……”,大椎为手足三阳及督脉之会,手足三阳汇聚于此并与督脉之阳汇合

上达于头顶,因此中医认为大椎有补脑强神的作用。《古法新解会元针灸学》所称“命门者,生命所系,出生之门也。两肾属水,终于脊中而化阳气……络脊十四椎,上通于脑,行于督脉,肾气所致”,中医认为命门具有强肾固本,温肾壮阳,肾充则脑髓实。因此,本实验在督脉上取穴取“大椎、命门”。Lovett-Barr MR等^[13]在制造脊髓脱髓鞘模型成功后予以督脉电针治疗15天后发现NT-3水平明显增加。表明督脉电针治疗可促进NT-3的表达,增加少突胶质细胞的细胞数目和分化,并使脱髓鞘脊髓的髓鞘再生及功能改善。Huang等^[14]在电针治疗脊髓脱髓鞘过程中也观察到NT-3促进少突胶质细胞在脱髓鞘的神经纤维上重新形成髓鞘的现象。本实验结果显示电针组NT-3表达呈升高的趋势,与损伤组及游泳组比较有显著性差异。表明电针治疗能够有效刺激神经营养因子的表达,从而促进髓鞘修复、再生及脊髓的感觉及运动功能修复。有研究通过猕猴为研究对象,针灸治疗猕猴脑组织损伤后兴奋性氨基酸的表达,结果显示:针灸治疗能够降低脑组织兴奋性氨基酸的水平,对脑组织细胞具有保护作用^[15]。本研究结果与其基本一致,通过电针治疗后AST、ALT活性较损伤组明显降低,与游泳组比较第2周之后具有显著性差异。表明电针能降低脊髓损伤后血清中

AST、ALT活性。另外从本研究可得出,电针治疗效果优于游泳组。

BBB运动功能评分是目前公认的用于大鼠脊髓损伤后功能恢复的评价列表。它能够清楚地描述脊髓损伤后大鼠后肢关节及爪的精细动作、协调能力和负重运动等情况。本实验结果显示BBB评分与NT-3的表达及AST、ALT活性相关,这表明大鼠运动功能的恢复可能与NT-3的表达及AST、ALT活性相关。

目前联合治疗已成为临床康复治疗的一种趋势,且在临床上取得了公认的治疗效果。卢虎英等^[16]研究显示减重步行训练联合督脉电针能够促进脊髓损伤后神经营养因子的分泌及表达,促进轴突再生,从而促进大鼠运动功能恢复,随训练时间延长恢复效果更明显。本实验特设游泳训练联合电针组,并与其他治疗组进行比较分析,结果显示:联合组BBB评分(除第1周外)较其他组均有显著性差异,这表明联合组的治疗效果较其他组具有明显优势。在对NT-3的表达及AST、ALT活性的影响上,联合组与损伤组及游泳组比较有显著性差异,与电针组比较在第2周前具有显著性意义,在第3周之后具有显著性意义,这表明联合组在上调NT-3表达及降低AST、ALT活性上较其他组更具有优势,且随治疗时间的延长效果更好,从而更利于脊髓损伤后运动功能的恢复。

本实验结果表明,电针联合游泳训练是本实验干预因素中促进大鼠神经功能恢复的最佳治疗方案,即联合组治疗效果更佳。但电针联合游泳训练的作用途径及靶点还需要进一步研究证明。

参考文献

- [1] 张丽,林海燕,屠文展,等.电针对慢性期脊髓损伤大鼠功能恢复及神经营养因子表达的影响[J].中国康复医学杂志,2014,29(4):311—315.
- [2] 胡凌云,张建英,林涛,等.激活Akt/mTOR/p70S6K信号通路对大鼠脊髓损伤后神经再生的影响[J].中国脊柱脊髓杂志,2015,25(1):67—75.
- [3] 丁晓晶,王红星,王彤.脊髓损伤大鼠运动训练方式的研究进展[J].中国康复医学杂志,2010,25(6):589—591.
- [4] Wang Y, Liu J, Xu C, et al. Bone marrow transplantation combined with mesenchymal stem cells induces immune tolerance without cytotoxic conditioning[J]. J Surg Res, 2011, 171(1):e123—131.
- [5] 叶晓健,田纪伟,高岱峰,等.脊髓半切伤大鼠血清谷丙转氨酶和谷草转氨酶活性变化的研究[J].中国临床康复,2004,8(17):3282—3283.
- [6] 朱燕玲,黄心英.急性脊髓损伤患者代谢紊乱与神经功能恢复的关系[J].中国临床康复,2003,7(32):4408—4409.
- [7] 陈萌,马泉,郑小影,等.大鼠脊髓横断模型的建立及米诺环素对胶质纤维酸性蛋白表达的影响[J].解剖学杂志,2014,37(3):352—355.
- [8] Smith RR, Shum-Siu A, Baltzley R, et al. Effects of swimming on functional recovery after incomplete spinal cord injury in rats[J]. J Neurotrauma, 2006, 23(6):908—919.
- [9] 张尧,邱有波,杨拯,等.不同波形电针对脊髓损伤大鼠运动功能恢复的影响[J].中国康复医学杂志,2012,27(12):1097—1101.
- [10] Flynn JR, Dunn LR, Galea MP, et al. Exercise training after spinal cord injury selectively alters synaptic properties in neurons in adult mouse spinal cord[J]. J Neurotrauma, 2013, 30(10):891—896.
- [11] Robert AA, Al Jadid MS, Bin Afif S, et al. The effects of different rehabilitation strategies on the functional recovery of spinal cord injured rats: an experimental study[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2010, 35(23):E1273—1277.
- [12] 李红玲,王马魁,任力,等.运动训练对大鼠出血性脑损伤BDNF基因及其蛋白表达的影响[J].中国康复医学杂志,2008,23(9):782—785.
- [13] Lovett-Barr MR, Satriotomo I, Muir GD, et al. Repetitive intermittent hypoxia induces respiratory and somatic motor recovery after chronic cervical spinal injury[J]. J Neurosci, 2012, 32(11):3591—3600.
- [14] Huang SF, Ding Y, Ruan JW, et al. An experimental electro-acupuncture study in treatment of the rat demyelinated spinal cord injury induced by ethidium bromide[J]. Neurosci Res, 2011, 70(3):294—304.
- [15] 甘平,李群,高焕民,等.电针治疗猕猴脑缺血及再灌注后脑内氨基酸的变化[J].中国临床研究,2012,6(4):16—19.
- [16] 卢虎英,徐基民,刘兰群,等.减重步行训练结合督脉电针对脊髓损伤大鼠运动功能和脑源性神经营养因子的影响[J].中国康复医学杂志,2013,28(6):553—557.